

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 39 845.3
Anmeldetag: 29. August 2002
Anmelder/Inhaber: Day4 Energy Inc., Vancouver/CA
Bezeichnung: Elektrode für fotovoltaische Zellen, fotovoltaische Zelle und fotovoltaischer Modul
IPC: H 01 L 31/0224

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Stremme

ELEKTRODE FÜR FOTOVOLTAISCHE ZELLEN, FOTOVOLTAISCHE ZELLE UND FOTOVOLTAISCHER MODUL

Die Erfindung bezieht sich auf eine Elektrode zum Kontaktieren elektrisch leitfähiger Flächen, insbesondere zum Kontaktieren eines oder mehrerer fotovoltaischer Elemente als Teil einer Fotovoltaikzelle oder Solarzelle. Die Erfindung bezieht sich ferner auf mit dieser Elektrode hergestellte Fotovoltaikzellen.

Die Erzeugung elektrischer Energie durch Fotovoltaik (PV) hat einen hohen Standard erreicht. Die Herstellung von PV-Zellen und PV-Modulen ist allerdings immer noch recht kompliziert und teuer. Auch ist der Wirkungsgrad der Energieerzeugung mittels PV-Modulen mit maximal etwa 17% recht gering. Die Erzeugung elektrischer Energie mit Hilfe der Fotovoltaik ist daher für die allgemeine Stromerzeugung wirtschaftlich nur akzeptabel, wenn sie in irgendeiner Weise unterstützt wird, z. B. durch das sogenannte 1000-Dächerprogramm in Deutschland. Es besteht daher immer noch ein hoher Bedarf auf dem Gebiet der Fotovoltaik, die Herstellungskosten zu verringern und den Wirkungsgrad der Energieerzeugung mittels PV-Elementen und -Modulen zu erhöhen.

Übliche PV-Zellen enthalten ein Halbleiterelement mit einem Übergang des Typs (n^+n (oder p) p^+) auf der Basis mono- oder polykristallinen Siliziums, amorphen Siliziums und anderer Dünnschicht-Halbleiter mit einem eingebetteten pn-Übergang. Eine Oberfläche des Elements ist im allgemeinen mit einer Metallschicht wie Aluminium oder nichtrostendem Stahl abgedeckt, während die andere mit einem nicht reflektierenden Überzug versehen ist. Beide Oberflächen stehen mit einer Elektrode in Berührung, die die erzeugte elektrische Energie aufnehmen und abführen. Diese Struktur ist zwischen transparenten Schutzschichten wie Glas eingebettet.

Die Elektroden werden durchweg nach dem Siebdruckverfahren hergestellt. Derart hergestellte Elektroden haben aber einen hohen Reihenwiderstand. Darüber hinaus sind teure Geräte und Ausrüstungen zur Herstellung notwendig und die Möglichkeiten der Kostenreduzierung sind aus prinzipiellen Gründen begrenzt.

Aus der US-A -5,759,291 (Ichinose et al.) ist ein Halbleiterelement (Wafer) mit parallelen metallischen Kontakt- oder Stromabnahmedrähten bekannt, die mittels eines leitfähigen Klebers, in dem leitfähige Teilchen dispergiert sind, auf der Oberfläche des Elements

fixiert sind. Diese Elektrodendrähte sind parallel zwischen Anschlussleitern angeordnet, die längs der Kanten des Elements verlaufen. Bei dieser Elektrodenart ist der ohmsche Übergangs- oder Kontaktwiderstand zwischen der Halbleiteroberfläche und den Drähten verhältnismäßig hoch, was entsprechend zu einem hohen Energieverlust und geringen Wirkungsgrad führt. Auch die Herstellung derartiger Zellen ist recht kompliziert.

Aus der US-A-5,084,104 (Deguchi et al.) sind eine ähnliche Solarzelle und Reihe von Solarzellen bekannt, bei denen metallische Elektrodendrähte mittels eines Klebstoffes auf die Oberfläche des fotovoltaischen Elements geklebt sind. In dem Klebstoff sind leitfähige Teilchen dispergiert. Auch bei dieser Elektrodenanordnung sind die Herstellungskosten und der Übergangswiderstand zwischen den Drähten und der Oberfläche des Elements recht hoch.

Aus der US-A-5,158,618 (Rubin et al) ist eine Elektrodenanordnung bekannt, bei der Kontaktdrähte in einem transparenten Polymerblock so eingebettet sind, dass sie etwas aus dem Polymerblock herausragen. Diese Elektroden berühren das Element von einer oder von zwei Seiten und sind zwischen transparenten Schutzschichten wie Glas eingeschlossen. Da die Elektrodendrähte z. B. als Spulen ausgebildet sind, ergibt sich nur ein Punktkontakt zwischen den Drähten und der Oberfläche des PV-Elements. Folglich ist auch hier der Reihenwiderstand einer PV-Zelle verhältnismäßig hoch. Auch sind die Herstellungskosten verhältnismäßig hoch, weil es nicht möglich ist, die Solarzellen und -module in automatischer Weise herzustellen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Elektrode zu schaffen, die es gestattet, bei geringen Herstellungskosten den Übergangswiderstand zwischen den Elektroden und einer leitfähigen Fläche, insbesondere der oder den Oberflächen eines fotovoltaischen Elements, zu verringern.

Aufgabe der Erfindung ist es ferner, eine PV-Zelle zu schaffen, die es gestattet, unter Verwendung einer solchen Elektrode den Gesamt-Reihenwiderstand und die Herstellungskosten von PV-Zellen und -Modulen zu verringern und ihren Wirkungsgrad zu erhöhen.

Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben durch eine Elektrode der im Anspruch 1 und durch eine Reihe von Elektroden gemäß Anspruch 14⁵ gelöst, sowie ferner durch eine fotovoltaische Zelle oder eine Reihe fotovoltaischer Zellen (Modul) gemäß Anspruch 17⁸.

Ausgestaltungen und bevorzugte Ausführungsformen sind in den Ansprüchen 2 bis 14, den Ansprüchen 16 und 17 bzw. im Anspruch 19 beschrieben.

Die erfindungsgemäße Elektrode ermöglicht einen innigen ohmschen Kontakt mit der zu kontaktierenden Oberfläche. Es wird daher ein geringer Gesamt-Reihenwiderstand

einer PV-Zelle und -Moduls, so dass ihre Leistung um das 8- bis 10-fache erhöht werden kann. Dies gilt insbesondere für diejenigen Ausführungsformen, bei denen die Drähte der ersten und zweiten Anzahl oder Gruppe gitterförmig zueinander liegen und mit winkel- oder rahmenförmigen Anschlussleitern verbunden sind. Gleichzeitig können der Automatisierungsgrad und die Kapazität bei der Herstellung wesentlich erhöht werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische isometrische Teilansicht einer PV-Zelle vor, und
- Fig. 2 nach einem Heiz- und/oder Pressschritt während der Herstellung einer PV-Zelle,
- Fig. 3 eine schematische isometrische Ansicht eines Gitters aus Kontaktdrähten,
- Fig. 4 eine schematische isometrische Ansicht einer Vorrichtung zur Herstellung filmtiger klebefähiger, optisch transparenter Elektroden,
- Fig. 5A die Ansicht einer auf der Vorrichtung der Fig. 4 hergestellten Elektrode,
- Fig. 5B den Querschnitt A - A der Fig. 5A,
- Fig. 5C die Ansicht eines Elektrodenbandes mit Drähten, die quer zur Richtung der Drähte der Fig. 5A verlaufen,
- Fig. 5D den Querschnitt A - A der Fig. 5C,
- Fig. 6A die Ansicht eines Elektrodenbandes mit einem Drahtgitter,
- Fig. 6B den Querschnitt B - B der Fig. 6A,
- Fig. 6C den Querschnitt A - A der Fig. 6A,
- Fig. 7 in einer schematischen isometrischen Explosionsdarstellung die wesentlichen Elemente einer PV-Zelle vor dem Aufheizen und Verpressen,
- Fig. 8 eine schematische isometrische Explosionsdarstellung einer zweiten Ausführungsform der Elemente einer PV-Zelle vor dem Erhitzen und Verpressen,
- Fig. 9A die Ansicht einer dritten Ausführungsform einer PV-Zelle,
- Fig. 9B den Querschnitt A - A des photovoltaischen Elements der Fig. 9A,
- Fig. 10A die Ansicht mehrerer bandförmig angeordneter PV-Zellen, die parallel zueinander geschaltet sind,
- Fig. 10B den Schnitt A - A der Fig. 10A,
- Fig. 10C den Schnitt B - B der Fig. 10A,
- Fig. 11A die Ansicht mehrerer, bandförmig hintereinander angeordneter PV-Zellen mit gitterförmigen Elektroden,
- Fig. 11B den Schnitt A - A der Fig. 11A,

Fig. 12A eine weitere Ausführungsform einer Reihe bandförmig angeordneter PV-Zellen, die hintereinander geschaltet sind,

Fig. 12B den Schnitt A - A der Fig. 13A,

Fig. 13 die Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Elektrodenbandes mit gitterförmig angeordneten Elektrodenrähren, wobei die PV-Zellen ebenfalls in Reihe zueinander geschaltet sind,

Fig. 14A die Ansicht einer endlosen Elektrode mit einzelnen Elektrodenabschnitten zur Bildung jeweils einer PV-Zelle,

Fig. 14B den Schnitt A - A der Fig. 12A

Fig. 15A die Ansicht einer bandförmig angeordneten Reihe von PV-Zellen,

Fig. 15B den Schnitt A - A der Fig. 15A,

Fig. 15C den Schnitt B - B der Fig. 15A,

Fig. 16A eine weitere Ausführungsform mehrerer bandförmig hintereinander angeordneter PV-Zellen,

Fig. 16B den Schnitt A-A der Fig. 16A,

Fig. 16C den Schnitt B-B der Fig. 16A,

Fig. 17 die schematische Explosionsansicht der Elemente eines PV-Moduls mit in Reihe geschalteten PV-Zellen,

Fig. 18 eine der Fig. 17 ähnliche weitere Ausführungsform eines PV-Moduls und

Fig. 19 eine weitere, denen der Fig. 17 und 18 ähnliche Ausführungsform eines PV-Moduls.

Fig. 1 zeigt eine Halbleiterstruktur S, z. B. ein Element $\text{Si}(n^+n(\text{oder } p)p^+)$, dessen (stets bezogen auf die Darstellung in der Zeichnung) obere Oberfläche mit einer nicht reflektierenden, elektrisch leitfähigen ITO-Schicht 4 abgedeckt ist. Das Element S kann auch aus einem Dünnschicht-PV-Element bestehen. Die untere Oberfläche des Elements S ist entweder mit einer Metallschicht (z.B. Aluminium) oder ebenfalls mit einer unteren, nicht reflektierenden, elektrisch leitfähigen Schicht 4 überzogen. Das Element S und die obere Schicht 4 bilden zusammen mit der (nicht gezeigten) Metallschicht oder der zweiten, unteren ITO-Schicht 4 eine Einheit, die im Folgenden als Wafer 3 bezeichnet wird. Die beiden Oberflächen des Wafer 3 stehen in Kontakt mit Metalldrähten 1, die mit einer Schicht 2 aus einer Legierung mit niedrigem Schmelzpunkt überzogen sind. Die Drähte 1 können vollständig oder nur teilweise an der oder den Seiten mit der Legierungsschicht 2 überzogen sein, die der zu kontaktierenden Oberfläche zugewandt ist. Im Folgenden werden die überzogenen

Drähte als erste Menge oder Gruppe von Drähten 5' bezeichnet. Diese stehen in direktem Kontakt mit der bzw. den Oberflächen des Wafer 3 bzw. der (den) ITO-Schicht(en) 4.

Fig. 2 zeigt die Anordnung der Fig. 1 nach dem Verpressen und Erhitzen auf 120°. Das Material der Legierungsschicht 2 ist längs der Schicht 4 etwas verlaufen, hat diese benetzt und steht mit dieser und den Drähten 5' in ohmschem Kontakt. Gleiches gilt für den Fall, dass an der Unterseite des Elements S keine nicht reflektierende leitfähige Schicht 4, sondern eine Metallschicht vorgesehen ist. Der Abstand der Drähte 5' braucht nicht gleichmäßig zu sein, d. h. die parallelen Drähte 5' können in Gruppen aus zwei oder mehr Drähten 5' mit unterschiedlichen Abständen zwischen den Drähten und den Drähten einer Gruppe angeordnet sein.

Querschnittsform und -größe der Drähte werden nach Überlegungen gewählt, die Stromdichte in den Drähten, den Reihenwiderstand der Zelle und die Größe der durch die Drähte 5' abgeschatteten Waferfläche zu optimieren. Wie in Fig. 1 und 2 gezeigt, können für die Drähte 5' verschiedene Querschnittsformen gewählt werden, z. B. kreisförmig, rechteckig, dreieckig usw. Selbstverständlich wird für die Drähte 5' einer Zelle bzw. eines Moduls jeweils nur eine Querschnittsform gewählt.

Fig. 3 zeigt ein Drahtgitter 6 aus Drähten 5' der ersten und Drähten 5" einer zweiten Gruppe oder Menge, wobei die Drähte 5', 5" der beiden Gruppen unter einem Winkel, im allgemeinen senkrecht zueinander verlaufen. Die Drähte 5" sind ebenfalls, zumindest auf den den Drähten 5' zugewandten Flächen, mit einer Legierungsschicht 2 versehen. Wenn aber die Menge des Legierungsmaterials auf den Drähten 5' der ersten Gruppe für eine sichere mechanische und elektrische Verbindung der beiden Drahtgruppen an den Kreuzungspunkten ausreicht, könnte die Legierungsschicht auf den Drähten 5" der zweiten Gruppe auch entfallen. Für die Wahl der Abstände der Drähte 5", der Querschnittsform und -fläche gelten die gleichen Überlegungen wie für die Anordnung und Dimensionierung der Drähte 5'. Selbstverständlich kann für die Drähte 5" eine andere Querschnittsform als für die der Drähte 5' gewählt werden.

Fig. 4 zeigt die schematische Ansicht einer Vorrichtung zur Herstellung einer filmartigen, klebefähigen, optisch transparenten Elektrode. Die legierungsbeschichteten Drähte 5' werden anfangs auf mehrere Rollen 7 gewickelt, deren Anzahl gleich der Breite der PV-Zelle, geteilt durch die notwendigen Abstände zwischen den parallel verlaufenden Drähten 5' der ersten Gruppe ist. Zum Beispiel werden bei einer Breite der PV-Zellen von 100 mm und einem Abstand zwischen den Drähten von 4 mm 26 Rollen 7 benötigt. Die Rollen 7 sind auf einer Achse 8 befestigt, so dass parallele Linien von Drähten 5' gebildet werden können, die durch entsprechende Öffnungen in einem Rahmen 9 verlaufen. Der Abstand

zwischen den Öffnungen im Rahmen 9 wird durch den erforderlichen Abstand zwischen den parallelen Drähten 5' bestimmt. Größe und Form der Öffnungen im Rahmen 9 müssen Größe und Form der Querschnittsfläche der Drähte 5' entsprechen.

Die parallelen Drähte 5' werden auf einen Polymerfilm 10 aufgebracht, der von einer Trommel 12 zugeführt wird. Die Oberfläche des den Drähten 5' zugewandten Films 10 ist mit einem transparenten Kleber 11 beschichtet. Die gesamte Breite des Films 10, auf der sich die Drähte 5' befinden, ist größer als die Breite eines oder einer Reihe aus mehreren Wafern 3, so dass auf jeder Seite des Films 10 ein Bereich von 1,5 bis 2 cm von Drähten 5' frei bleibt (Fig. 5A). Der Film 10 wird von der Trommel 12 über die Oberfläche einer drehbaren Walze 13 geführt und wird von einer Trommel 15 gezogen, die gleichzeitig die Drähte 5' zieht. Die Drähte 5' werden mittels einer weiteren, oberhalb der drehbaren Walze 13 angeordneten Walze 14 auf den Film 10 gepresst. Gleichzeitig wird der Film 10 durch die Walzen 13 und 14 erhitzt, so dass der Kleber 11 erweicht, die Drähte 5' in den Kleber 11 eintauchen und nach dem Abkühlen am Film 10 und im Kleber 11 fixiert bleiben.

Fig. 5A und 5B zeigen das Ergebnis dieses Vorganges im Einzelnen, nämlich eine transparente Elektrode 16. Die sich längs des Polymerfilms 10 erstreckenden Drähte 5' sind in den Kleber 11 eingebettet und an den Film 10 angedrückt. Ein Teil der Oberfläche der Drähte 5' ragt aus der Oberfläche des Klebers 11 hervor. In Fig. 5B sind links und rechts nochmals andere mögliche Querschnittsformen der Drähte 5' gezeigt.

Eine der Fig. 4 ähnliche Herstellungsvorrichtung kann verwendet werden zur Herstellung eines Polymerfilms 10 mit eingebetteten Drähten 5', die quer zur ursprünglichen Richtung des Films 10 angeordnet sind (Fig. 5C, 5D). Dabei muss die Breite des Polymerfilms 10 der geforderten Länge einer PV-Zelle oder eines PV-Moduls entsprechen. Nachdem die Drähte 5' der ersten Gruppe in den Film 10 eingebettet sind, kann er quer zur ursprünglichen Erstreckung des Films 10 in Stücke geschnitten werden.

Der Abstand der Drähte 5', 5" braucht nicht gleichmäßig zu sein, d. h. die parallelen Drähte 5', 5" können in Gruppen von zwei oder mehr Drähten mit unterschiedlichen Abständen zwischen den Drähten und den Drähten einer Gruppe angeordnet sein.

Fig. 6A zeigt eine Elektrode 16 bestehend aus dem transparenten Polymerfilm 10 und einem Drahtgitter 6 aus den Drähten 5' und 5" der ersten und zweiten Gruppe. Nur die Drähte 5", die näher am Polymerfilm 10 liegen, sind in den Kleber 11 eingetaucht (siehe auch Fig. 6B und 6C). Die oberen Drähte 5', die in Kontakt mit der oder den Oberflächen des Wafers 3 kommen, sind nicht, jedenfalls nicht vollständig, in den Kleber 11 eingebettet (bei Herstellung eines Drahtgitters 6 liegt auf der Rolle 7 ein Drahtgitter und es wird kein Rahmen 9 verwendet (Fig. 4)). Die Drähte 5', 5" könnten bereits hier miteinander verlötet

werden. Im allgemeinen geschieht dies aber erst beim Zusammenbau von Elektrode 16 und Wafer 3.

Für den Polymerfilm 10 eignet sich eine ganze Palette von Materialien: Das Material muss eine hohe Dehnbarkeit haben, gut isolieren, optisch transparent und thermisch stabil, schrumpffresistent und gut klebefähig sein. Beispiele für solche Materialien sind Zellophan, Rayon, Azetat, Fluorharze, Polysulfonate, Epoxyharze, Polyamidharze. Besonders gut geeignet sind Materialien auf der Basis von Fluorpolymer, beispielsweise der Polyvinylfluoridfilm Tedlar® und modifiziertes ETFE-Fluorpolymerharz Tefzel®. Auch gut geeignet ist der transparente Polymerfilm Mylar®. Diese Materialien werden im Allgemeinen und für elektrotechnische Produkte zu Laminierzwecken verwendet.

Als Kleber 11 eignen sich viele Materialien, die eine Erweichungstemperatur zwischen etwa 90 und 110°C haben und an Polymerfilmen und der Oberfläche des Wafer 3 gut haften. Bevorzugt sind Acrykleber, Kautschukkleber, Siliconkleber und Polyvinylätherkleber sowie Epoxyleber. Besonders geeignet sind die Materialien der Firma Dupont: 68080 Polymethylenmethacrylat, 68040 Methacrylatcopolymer, 68070 Methacrylatcopolymer sowie Ethylvinylacetat der HI-SHEET INDUSTRIES, LTD.

Die Kleberschicht 11 muss ausreichend dick sein, um eine zuverlässige Verbindung der Elemente mit dem Wafer 3 zu gewährleisten. Die Kleberschichtdicke darf aber nicht die Dicke der Drähte 5' übersteigen, so dass der aus dem Kleber 11 herausragende Teil der Drähte 5', der mit der Legierung 2 überzogen und nicht in den Kleber 11 eingetaucht ist, einen direkten ohmschen Kontakt mit der elektrisch leitfähigen Oberfläche des Wafer 3 bilden kann (Fig. 5A, 5D, 6B, 6C).

Der Polymerfilm 10 muss ausreichend dick sein, damit er ausreichend stabil ist, wenn der Kleber 11 aufgebracht und er beim Anbringen der Drähte 5', 5" unter Druck und Hitze gezogen wird. Gleichzeitig sollte er so dünn wie möglich sein, um eine hohe Elastizität und Transparenz für das durchtretende Licht zu erreichen. Vorzugsweise liegt die Dicke des Polymerfilms 10 im Bereich zwischen 10 und 50 µm.

In den Fig. 5 und 6 bilden der Polymerfilm 10 mit der Kleberschicht 11 und den daran befestigten Drähten 5' bzw. dem Gitter 6 mit den Drähten 5', 5", die mit der Legierungsschicht 2 aus der Oberfläche des Klebers 11 herausragen, eine durchgehende oder endlose filmartige, optisch transparente klebefähige Elektrode 16.

Die erfindungsgemäße Elektrode 16 eignet sich zur Herstellung von PV-Zellen und -Modulen. Hierbei sind verschiedene Arten von metallischen Stäben oder Leisten und Anschlüsse notwendig, die den Strom von der Elektrode 16 aufnehmen und weiterleiten. Hierzu ist es zweckmäßig, mit einigen Tropfen Kleber oder durch kurze lokale Erhitzung die

Metallstäbe oder -leisten an der Elektrode 16 zu befestigen, wodurch die Elektrode 16 auf dem Kleber 11 gebondet oder fixiert wird. Der Abstand zwischen den Metallleisten und Anschlüssen unterschiedlicher Art muss so bemessen sein, dass die Wafer 3 zwischen ihnen ausreichend Platz haben, so dass sie keinen direkten elektrischen Kontakt mit den Wafern 3 erhalten, wenn sich die Konstruktionselemente beim Aufheizen auf bis zu 160°C thermisch beim Zusammenbau von Wafer 3 und Elektrode 16 ausdehnen.

Fig. 7 zeigt eine auseinandergezogene Darstellung einer PV-Zelle vor dem Verpressen und Erhitzen. Oberhalb und unterhalb des Wafers 3 ist je eine Elektrode 16 angeordnet. An zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Wafers 3 befinden sich, quer zur Längserstreckung der Drähte 5' der Elektroden 16, eine erste Kontaktleiste 20 und eine zweite Kontaktleiste 22, die auf ihrer Unter- bzw. Oberseite mit einem Überzug 21 aus einer elektrisch leitfähigen Legierung mit niedrigem Schmelzpunkt versehen sind. Die Drähte 5' der oberen Elektrode 16 erstrecken sich vom rechten Rand des Wafers 3 nach links über die gegenüberliegende Kante des Wafers 3 hinaus bis zur linken Kante der zweiten Kontaktleiste 22. Umgekehrt erstrecken sich die Drähte 5' der unteren Elektrode 16 von der linken Kante des Wafers 3 bis zur rechten oder vorderen Kante der ersten Kontaktleiste 20. Nach dem Erhitzen und Verpressen stehen die Drähte 5' der oberen Elektrode 16 in Kontakt mit der linken, zweiten Kontaktleiste 22 und der oberen Oberfläche des Wafers 3, während die Drähte 5' der unteren Elektrode 16 in ohmschen Kontakt stehen mit der Unterseite der ersten Kontaktleiste 20 und der Unterseite des Wafers 3.

Die elektrisch leitfähigen Legierungen 2, 21 mit niedrigem Schmelzpunkt können aus einem üblichen Lötmedium bestehen, oder auch aus einem Metall oder einer Metalllegierung (Ag, Sn, Ti, In usw.), denen organische Materialien zugemischt sind.

Fig. 8 zeigt eine ähnliche Anordnung, jedoch mit winkelförmigen Kontaktleisten 20, 22 und Elektroden 16 mit in Form eines Gitters 6 angeordneten Drähten 5', 5". Nach dem Erhitzen und Verpressen steht das untere Gitter 6 in ohmschem Kontakt mit der rechten, ersten winkelförmigen Kontaktleiste 20 und der Unterseite des Wafers 3, während das Gitter 6 der oberen Elektrode 16 in ohmschem Kontakt steht mit der zweiten winkelförmigen Kontaktleiste 22 und der Unterseite des Wafers 3.

Fig. 9A und 9B zeigen eine PV-Zelle, bei der die Kontaktleisten in Form eines aus drei Lagen laminierten Rahmens 17 ausgeführt sind, in dessen Fenster das zugehörige Wafer 3 aufgenommen ist. Die Drähte 5' verlaufen zwischen zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Rahmens 17, auf die sie aufgelötet sind.

Wie in Fig. 9B genauer gezeigt, besteht der Rahmen 17 aus zwei metallischen Rahmen 18, zwischen denen sich ein vorzugsweise beidseitig klebender Isolierfilm 19 be-

findet. Auf die Außenseiten der beiden Rahmen 18 ist jeweils eine leitfähige Legierungsschicht 21 aufgebracht. Diese kann entfallen, wenn die Menge des auf den Drähten 5' vorhandene Materials für einen sicheren ohmschen Kontakt zwischen Rahmen 17 und Drähten 5' ausreicht.

Diese Ausführungsform eignet sich auch für die Verwendung mit einer gitterförmigen Elektrode 16, wobei die Drähte 5" der zweiten Gruppe senkrecht zu den Drähten 5' der ersten Gruppe verlaufen und in ohmschem Kontakt mit der in Fig. 9A oben und unten gezeigten Seite des Rahmens 17 stehen.

Die folgenden Ausführungsbeispiele veranschaulichen, wie mit Hilfe der als endloses Band hergestellten erfindungsgemäßen Elektrode eine Reihe von PV-Zellen in Reihe und parallel zueinander zu PV-Modulen verschaltet werden können.

Fig. 10A, 10B und 10C zeigen eine endlose Elektrode 16 mit kammförmigen Kontaktleisten 23, deren Längsstege 24 außerhalb der Drähte 5', parallel zu diesen und in Richtung der Längserstreckung der endlosen Elektrode 16 verlaufen. Mit den Längsstegen 24 einteilig verbunden sind in Querrichtung verlaufende Querstege 25 (die "Zinken" des Kammes), die jeweils aus der einen oder anderen Richtung zwischen die Abstände zwischen hinter- oder nebeneinander angeordneten Wafern 3 ragen.

Wie in Fig. 10B gezeigt, sind die oberen Oberflächen der jeweils linken Querstege mit einem Isolierfilm 19 versehen, während auf die jeweils untere Oberfläche ein Überzug 21 aus einer leitfähigen Legierung aufgebracht ist. Bei den jeweils rechten Querstegen befindet sich der Isolierfilm 19 auf der unteren und der Überzug 21 aus einer leitfähigen Legierung auf der oberen Oberfläche.

Fig. 10C zeigt den Querschnitt B-B der Fig. 10A.

Bei der in den Fig. 10A bis 10C gezeigten Ausführungsform sind die so gebildeten Fotozellen parallel zueinander geschaltet, weil die jeweils linken Querstege 25 mit den Unterseiten der Wafer 3 und die jeweils rechten Querstege 25 mit der Oberseite der rechts davon liegenden Wafer 3 verbunden sind.

Fig. 11A und 11B zeigen eine Ausführungsform, bei der, ähnlich wie in Fig. 9A, 9B, die Anschlüsse in Form eines dreilagigen Rahmens 17 ausgeführt ist, der aus endlos hintereinander angeordneten Metallrahmen 18 und einem zwischen diesen angeordneten isolierenden Polymerfilm 19 laminiert ist. Auf den Außenseiten der Rahmen befindet sich jeweils ein leitfähiger, bei niedriger Temperatur schmelzender Überzug 21, der mit den Drähten 5' und 5" der Elektrode 16 in ohmschem Kontakt steht.

Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die so gebildeten einzelnen PV-Zellen parallel zueinander geschaltet.

Fig. 12A und 12B zeigen eine Reihenschaltung aus mehreren hintereinander angeordneten PV-Zellen. Die in Querrichtung zu den Drähten 5' und zur Längserstreckung der Elektrode 16 verlaufenden Kontaktleisten 25 sind auf ihrer Ober- und Unterseite jeweils mit einem Überzug 21 aus einer leitfähigen Legierung versehen. Dabei steht jeweils die Oberseite einer Kontaktleiste 25 mit der Oberseite des rechts davon liegenden Wafers 3 und die Unterseite jeder Kontaktleiste 25 mit der Unterseite des links davon liegenden Wafers 3 in ohmschem Kontakt.

Fig. 13 zeigt eine endlose Elektrode 16, wobei die Anschlüsse aus U-förmigen Kontaktleisten 26 bestehen, deren in Längsrichtung verlaufende Stege 24 mit den Drähten 5' und deren in Querrichtung der Elektrode 16 verlaufende Querstege 25 mit den Drähten 5' in ohmschem Kontakt stehen.

Die Verbindung der einzelnen Fotozellen ist analog zu der in Fig. 12B gezeigten.

Fig. 14A und 14B zeigen eine Elektrode 16, wie sie für die Anordnung der Fig. 12A und 12B und analog für die der Fig. 13 verwendet werden kann. Die Drähte 5' sind jeweils durch Lochungen 29 unterbrochen, die entweder nur einen Draht 5' oder jeweils mehrere Drähte 5' erfassen. Die Elektrode 16 bleibt natürlich formstabiler, wenn die Perforationen 29 jeweils nur einen Draht 5' unterbrechen; einfacher ist die Herstellung, wenn das entsprechende Stanzwerkzeug gleichzeitig mehrere Drähte 5' erfasst. Gegebenenfalls müsste unmittelbar nach dem Perforieren quer zur Längserstreckung der Elektrode 16 ein Band oder Streifen aus einem nicht gezeigten Polymerfilm auf die Elektrode 16 aufgebracht werden.

Ähnlich lassen sich bei der Ausführungsform der Fig. 13 zusammen mit den Drähten 5' auch die in Längsrichtung verlaufenden Kontaktleisten 24 unterbrechen.

Auf diese Weise können jeweils auf der Unter- und der Oberseite der Wafer 3 identische Elektroden 16 verwendet werden, die lediglich um die Breite des Abstandes zwischen den Querstegen 25 und der Kante eines Wafers 3 gegeneinander verschoben sind. Bei der Ausführungsform der Fig. 13 müssten die Elektroden 16 zusätzlich noch um 180° gegeneinander verdreht sein.

Ein grundsätzlich anderer Aufbau der Anschlüsse zur Ableitung der elektrischen Energie von den PV-Zellen wird anhand der Fig. 15 bis 19 erläutert.

Basiselement der Ausgestaltung nach Fig. 15 ist ein aus zwei Metallrahmen (Metall-, vorzugsweise Kupferfolie) 28 und einer zwischen diesen angeordneten Isolierfolie 19 laminierter dreilagiger Doppelrahmen 27, in dessen Mittelsteg eine parallel zum Mittelsteg angeordnete Stufe vorgesehen ist, deren Höhe der Dicke der Metallfolie entspricht, d. h. etwa 0,2 bis 0,3 mm beträgt (Fig. 15A, 15B, 15C). Wie aus Fig. 15B ersichtlich, sind die Doppel-

rahmen 28 versetzt zueinander aufeinander gelegt, d. h. der linke, höhere Teil eines Metallrahmens 28 liegt über dem rechten, unteren Teil des linken Nachbarn. Der zwischen den beiden übereinanderliegenden Metallrahmen 28 benachbarter Doppelrahmen 27 befindliche Isolierfilm 19 ist an seinen Enden nach oben bzw. unten gebogen ist und reicht bis zur Oberfläche der Rahmenkonstruktion. Die Drähte 5' stehen in ohmschem Kontakt mit den Oberflächen der Wafer 3 und den jeweils linken und rechten Stegen jedes Rahmenfensters. Die Drähte 5'' sind mit den Drähten 5' und den jeweils oberen und unteren Stegen der Rahmen elektrisch verbunden. Die mit den Drähten 5' in Kontakt kommenden Oberflächen der Metallrahmen 28 sind ggf. mit einer Legierungsschicht 21 mit niedrigem Schmelzpunkt überzogen.

Auf diese Weise lässt sich eine beliebig lange Reihe von PV-Zellen in Reihe schalten.

Fig. 16A, 16B und 16C zeigen einen ähnlichen, vereinfachten Aufbau, wobei die Elektrode 16 der in Fig. 5C und 5D gezeigten entspricht. Statt der Doppelrahmen 28, aus denen die einzelnen Elemente bestehen, sind hier mit einer Stufe versehene Längsstege 32 vorgesehen, die ebenso wie die Doppelrahmen 28 aneinandergereiht sind.

Fig. 17 zeigt in auseinandergezogener Darstellung, stellvertretend für eine ganze Reihe, zwei versetzt aufeinander gelegte Doppelrahmen 28, mit der Besonderheit, dass die jeweils rechten, unteren Fenster von Querstegen 31 überspannt sind, die mit dem Metallrahmen 28 einteilig in Verbindung stehen. Die Stege 31 übernehmen bei dieser Ausführungsform die Funktion der Drähte 5' der erfindungsgemäßen Elektrode, d. h. sie sind in der fertigen PV-Zelle in ohmschem Kontakt mit der jeweils unteren Oberfläche des darüber liegenden Wafers 3.

Um die endlose Reihe in Reihe geschalteter PV-Zellen abzuschließen, sind an ihren Enden einfache Rahmen 30 vorgesehen, wobei der am linken Ende der Reihe vorgesehene einfache Rahmen 30 ebenfalls mit Stegen 31 versehen ist.

Komplettiert wird der Aufbau durch eine obere Elektrode 16 mit einzelnen Elektrodengittern 6, deren Drähte 5' in der fertigen PV-Zelle direkt mit der oberen Oberfläche der Wafer 3 verbunden sind. Die untere Elektrode 16 trägt in Längsrichtung verlaufende Drahtabschnitte oder -felder, die in der fertigen Zelle mit den Stegen 31 und dem Rahmen 30 verbunden sind. Sie übernehmen hier die Rolle der Drähte 5'', d. h. der nur mittelbar mit der Oberfläche verbundenen Drähte.

Fig. 18 zeigt eine der Fig. 17 ähnliche Ausführungsform, mit dem Unterschied, dass statt der unteren Elektrode 16 ein mit einem Kleber 11 versehener transparenter Polymerfilm 10 vorgesehen ist.

Eine den den Fig. 17 und 18 ähnliche Ausführungsform ist schließlich in Fig. 19 gezeigt. Die obere Elektrode 16 hat ein durchgehendes Gitter 6. Um die Drähte 5' der Elektrode 6 nach dem Erhitzen und Verpressen auftrennen zu können, ist im linken Steg und im Mittelsteg der Rahmen 28 sowie im linken und rechten Steg des oberen und des unteren Rahmens 30 je ein Schlitz 33 vorgesehen, der parallel zur Stufe 33 verläuft. Diese Schlitz 33 erlauben es, die Drähte 5' der oberen Elektrode 16 nach dem Zusammenbau des Moduls zu durchtrennen. Die Breite des Schlitzes muss so bemessen sein, dass die Drähte 5' dauerhaft voneinander isoliert bleiben. Bei Verwendung eine entsprechenden Werkzeugs, könnte man auch ohne den Schlitz 33 auskommen, wenn die dauerhafte Trennung der Drähte garantiert ist.

Day4 Energy Inc.

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrode zum Kontaktieren einer elektrisch leitfähigen Oberfläche, insbesondere wenigstens einer Oberfläche eines fotovoltaischen Elements (3), mit einem elektrisch isolierenden, optisch transparenten Film (10), mit einer auf eine Oberfläche des Films (10) aufgebrachten Klebschicht (11), und mit einer ersten Gruppe im Wesentlichen paralleler, elektrisch leitfähiger Drähte (5'), die in die Klebstoffschicht (11) eingebettet sind, aus der Klebstoffschicht (11) mit einem Teil ihrer Oberfläche hervortreten und wenigstens auf der aus der Klebstoffschicht (11) heraustretenden Oberfläche mit einer Schicht (2) aus einer Legierung mit niedrigem Schmelzpunkt überzogen sind, wobei die Drähte (5') der ersten Gruppe mit einer ersten Kontaktleiste (20) elektrisch verbunden sind.
2. Elektrode nach Anspruch 1, wobei eine zweite Gruppe im Wesentlichen parallel zueinander verlaufender Drähte (5'') zwischen dem transparenten Film (10) und den Drähten (5') der ersten Gruppe angeordnet ist, wobei die Drähte (5', 5'') der ersten und zweiten Gruppe zusammen ein Gitter (6) bilden, und wobei die Drähte (5'') der zweiten Gruppe mit einer zweiten Kontaktleiste (22) elektrisch verbunden sind.
3. Elektrode nach Anspruch 1 und 2, wobei die erste und zweite Kontaktleiste (20, 22) elektrisch miteinander verbunden sind.
4. Elektrode nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kontaktleiste(n) (20, 22) an den jeweiligen Enden der Drähte (5', 5'') angeordnet sind.
5. Elektrode nach Anspruch 4, wobei die Kontaktleiste(n) (20, 22) an gegenüberliegenden Enden der Drähte der ersten oder der ersten und zweiten Gruppe von Drähten (5', 5'') außerhalb der Kontur des fotovoltaischen Elements (Wafer 3) angeordnet sind, mit dessen Oberfläche die Drähte (5', 5'') zu verbinden sind.

6. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die ersten und zweiten Kontakte (20, 22) zu einem Winkel miteinander verbunden sind (Fig. 8).
7. Elektrode nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Kontakte (20, 22) als U-förmiger Rahmen ausgebildet sind, wobei die Drähte (5') einer der beiden Gruppen mit der Basis und die Drähte (5') der anderen Gruppe mit den freien Schenkeln des U verbunden sind (Fig. 13).
8. Elektrode nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontakte (32) sich über die Länge zweier nebeneinander angeordneter, anzuschließender fotovoltaischer Elemente (3) erstrecken und in ihrer Mitte mit einer Stufe versehen sind, so dass mehrere Kontakte (32) zu einer Reihe zusammengefügt werden können, in der jeweils die eine Hälfte einer Kontakte (32) unter bzw. über der unteren bzw. oberen Hälfte der benachbarten Kontakte (32) liegt, wobei zwischen den Kontakte (32) ein Isolierfilm (19) angeordnet ist (Fig. 16).
9. Elektrode nach Anspruch 5, wobei die Kontakte als geschlossener Rahmen (17) ausgebildet sind, dessen Öffnungsweite (Fenster) größer ist als die Abmessungen des entsprechenden fotovoltaischen Elements (3) (Fig. 9).
10. Elektrode nach Anspruch 5, wobei die Kontakte(n) als Doppelrahmen (17) mit zwei nebeneinanderliegenden Fenstern ausgebildet ist, deren Öffnungsweite größer ist als die Abmessungen der entsprechenden fotovoltaischen Elemente (3).
11. Elektrode nach Anspruch 9 oder 10, wobei der Rahmen (17) aus zwei metallischen Rahmen (18) mit einem zwischen ihnen angeordneten Isolierfilm (19) ausgebildet ist.
12. Elektrode nach Anspruch 10 oder 11, wobei im Mittelsteg des Doppelrahmens (17) eine Stufe ausgebildet ist, so dass mehrere Rahmen (17) zu einer Reihe zusammengefügt werden können, in der jeweils die eine Hälfte eines Doppelrahmens (17) unter bzw. über der unteren bzw. oberen Hälfte des benachbarten Doppelrahmens (17) liegt.
13. Elektrode nach Anspruch 11 oder 12, wobei im mittleren Steg des Doppelrahmens (17) ein Schlitz (33) vorgesehen ist, der parallel zur Stufe verläuft, so dass die durchlaufen-

den Drähte (5', 5'') der Elektrode (16) nach Fertigstellung eines PV-Moduls aufgetrennt werden können.

14. Elektrode nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei wenigstens ein Fenster des/der Rahmen(s) von metallischen Stegen (31) überspannt sind, die mit dem zugehörigen metallischen Rahmen (18) einteilig verbunden sind.

15. Eine Mehrzahl von Elektroden nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Elektroden als endloses, durchgehendes Band ausgebildet sind, das sich entsprechend der Länge einer Reihe nebeneinander liegender, zu kontaktierender fotovoltaischer Elemente (3) zur Bildung eines PV-Moduls aufschneiden lässt, wobei die in Längsrichtung des Bandes verlaufenden Drähte (5', 5'') in Abständen aufgetrennt sind, die den Abständen der PV-Zellen entsprechen (Fig. 14).

16. Elektrodenband nach Anspruch 15, wobei längs wenigstens einer der Kanten des transparenten Films (10) eine endlose Kontaktleiste (22) vorgesehen ist.

17. Elektrodenband nach Anspruch 16, wobei längs jeder Kante des transparenten Films (10) kammförmige Kontaktleisten (23) verlaufen, deren Zähne (25) jeweils von einer Seite zwischen zwei nebeneinander liegende fotovoltaische Elemente (3) über die Breite der Drähte (5') der ersten Gruppe hineinragen und wechselseitig in elektrischem Kontakt mit der Oberseite und Unterseite zugehöriger fotovoltaischer Elemente (3) liegen und von der anderen Oberfläche isoliert sind.

18. Fotovoltaische Zelle oder fotovoltaischer Modul mit wenigstens einer Elektrode oder einem Elektrodenband nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit einer bzw. mehreren fotovoltaischen Zellen (3) mit einer elektrisch leitfähigen, nicht reflektierenden, optisch transparenten Schicht (4) auf wenigstens einer ihrer Oberflächen, wobei die Drähte (5') der ersten Gruppe mit Hilfe der Legierung (2) auf die Schicht (4) und auf die jeweiligen Kontaktleisten (20) oder Kontaktrahmen (17) gebondet sind.

19. PV-Zelle oder PV-Modul nach Anspruch 18, mit einer Elektrode (16) nach Anspruch 2, wobei die Drähte (5', 5'') der ersten und zweiten Gruppe mittels der Legierung (2) an ihren Kreuzungspunkten und auf die jeweiligen Kontaktleisten oder Kontaktrahmen gebondet sind.

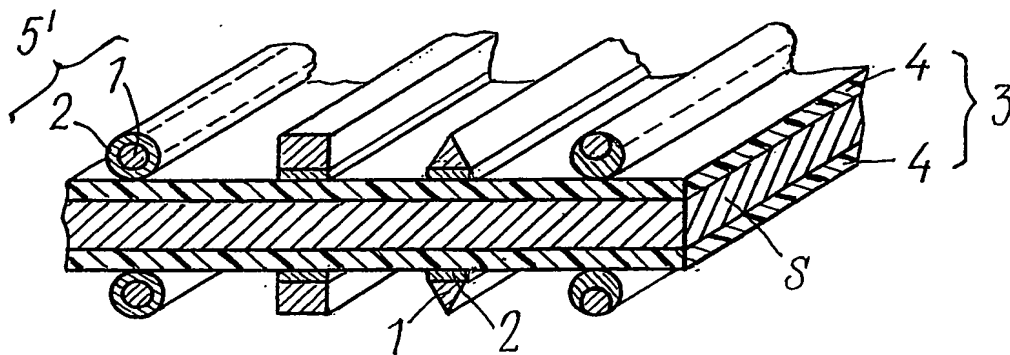


FIG. 1

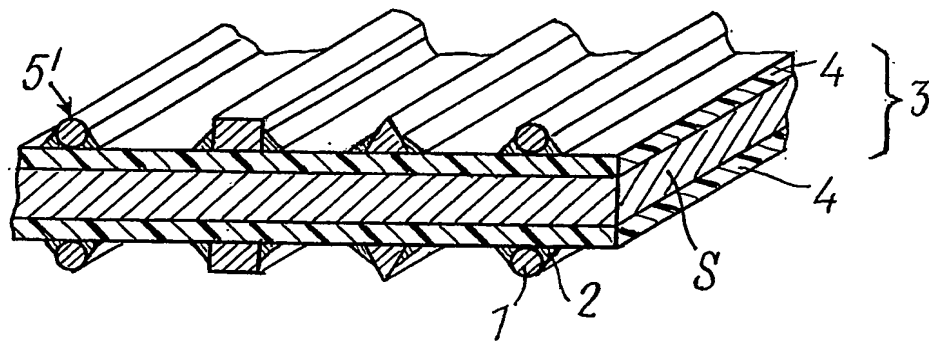


FIG. 2

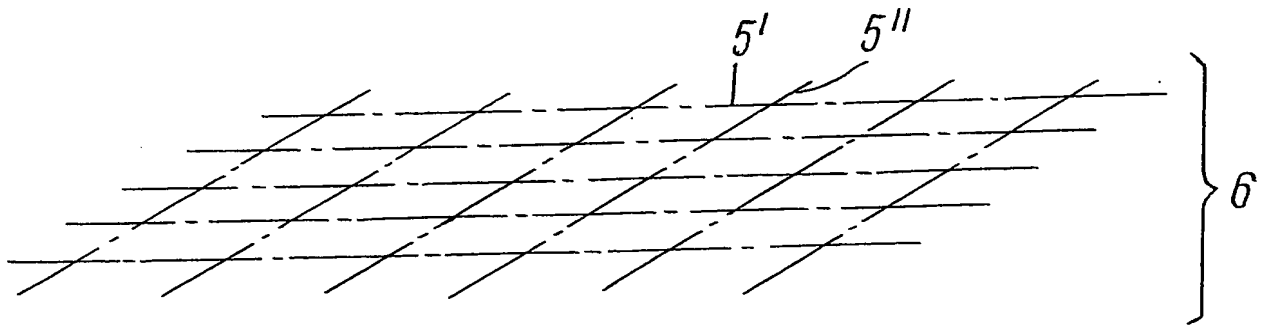


FIG. 3

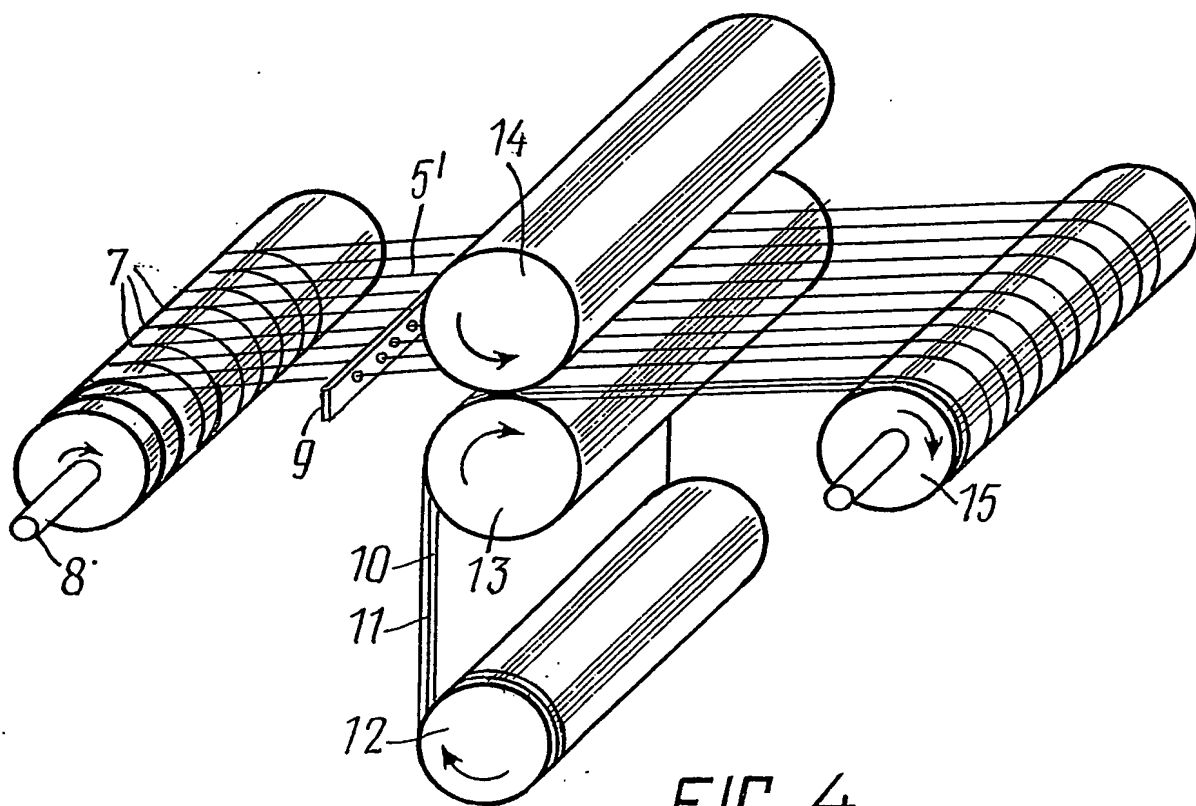


FIG. 4

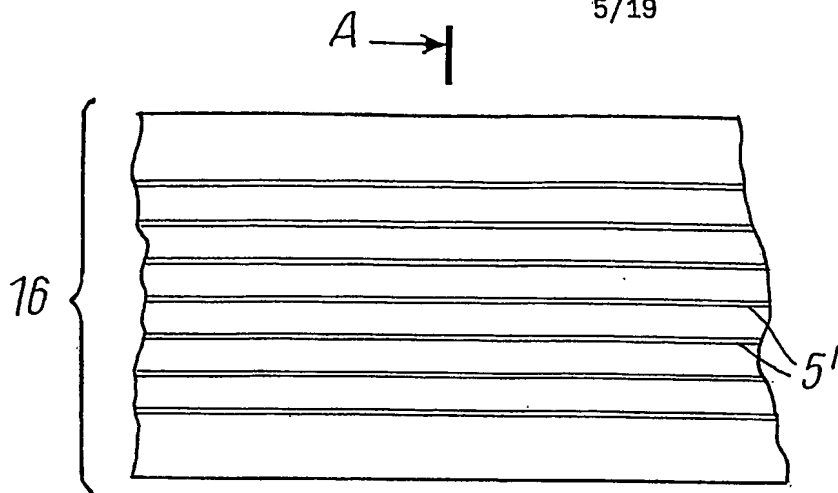


FIG. 5A

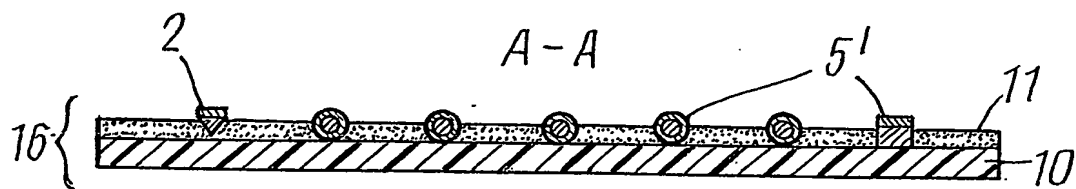


FIG. 5B

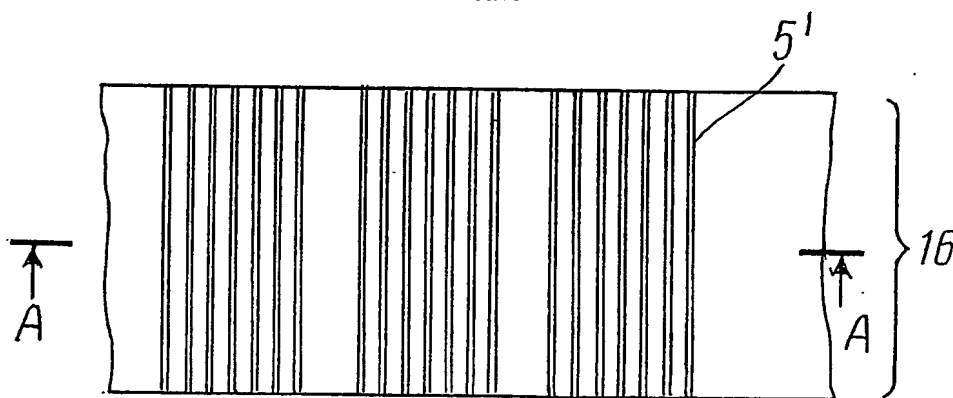


FIG. 5C

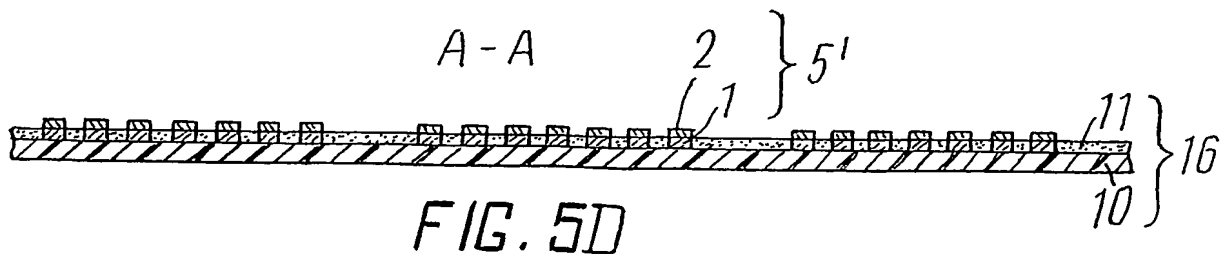
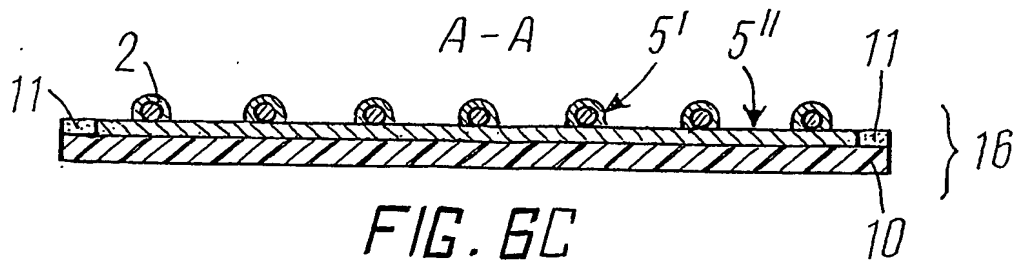
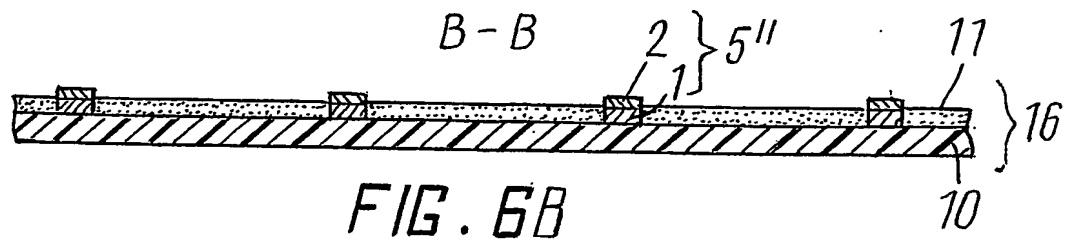
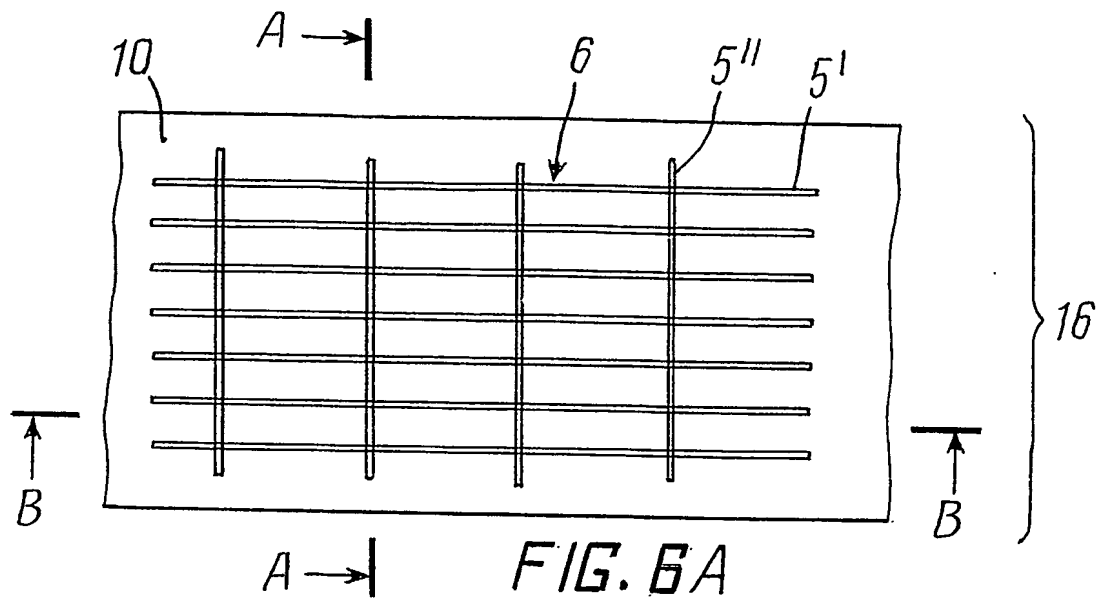


FIG. 5D



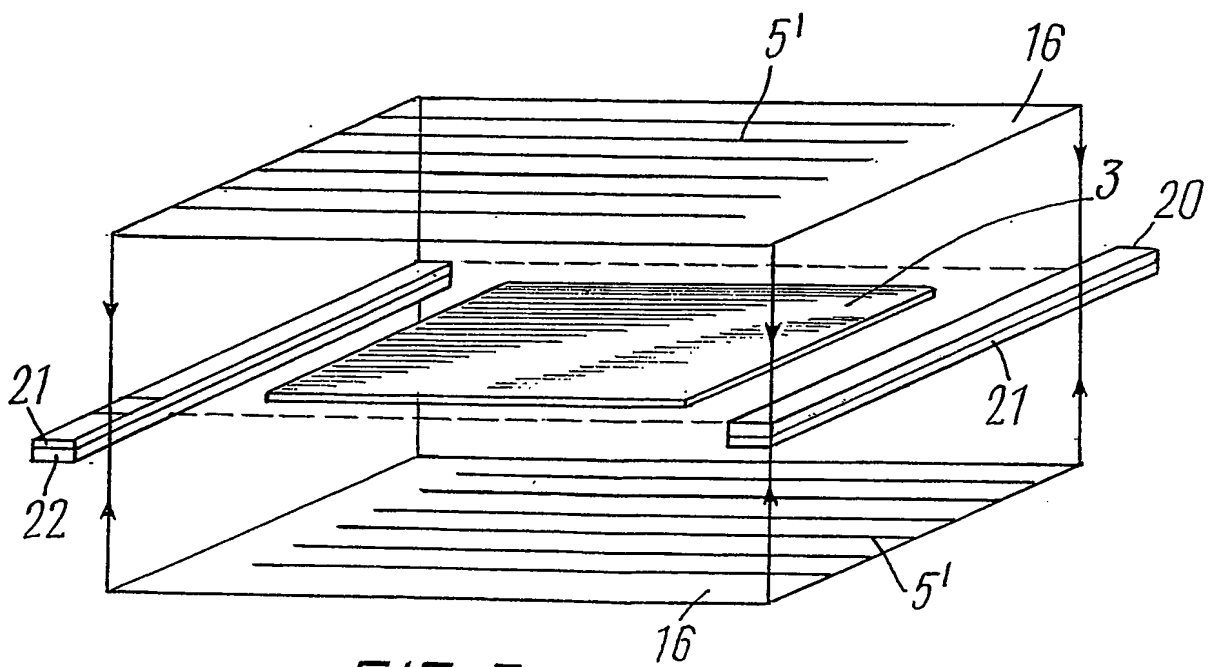


FIG. 7

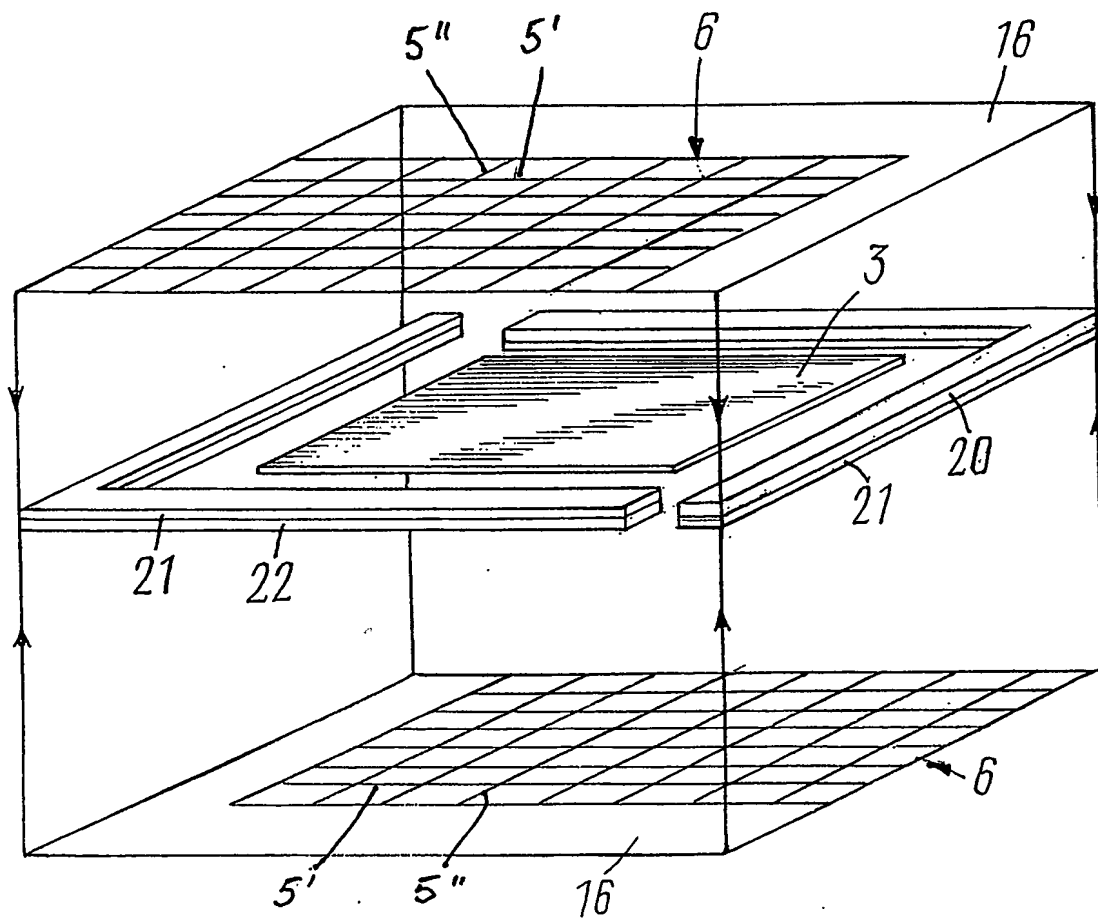


FIG. 8

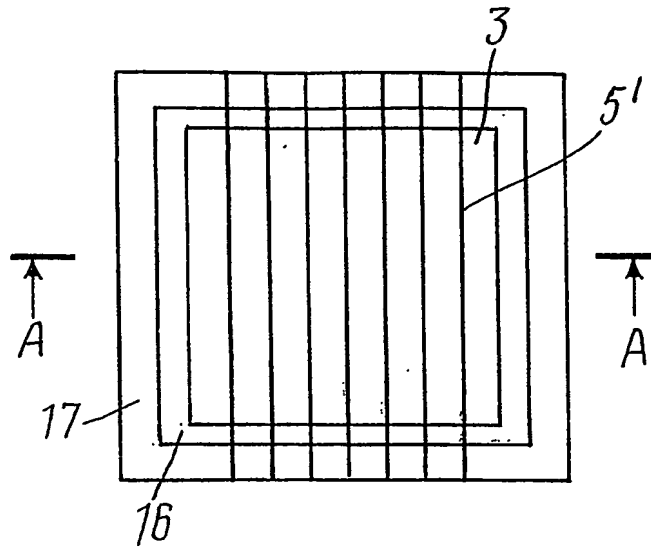


FIG. 9A

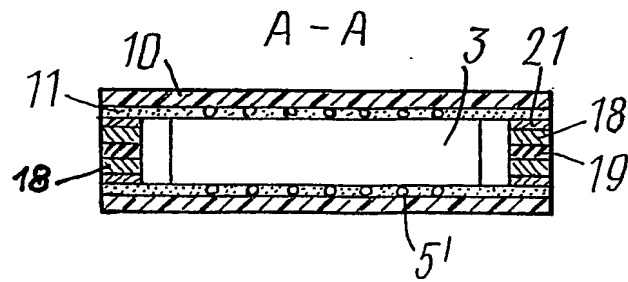


FIG. 9B

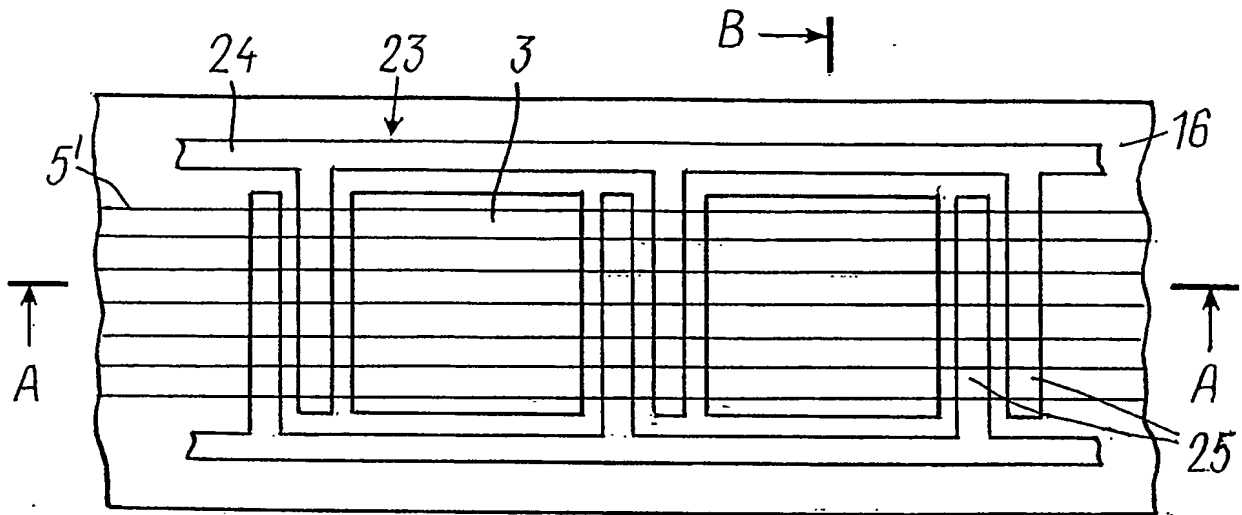


FIG. 10A B →

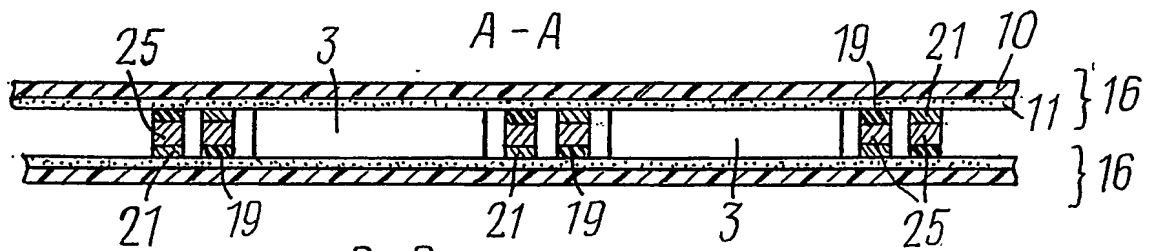


FIG. 10B

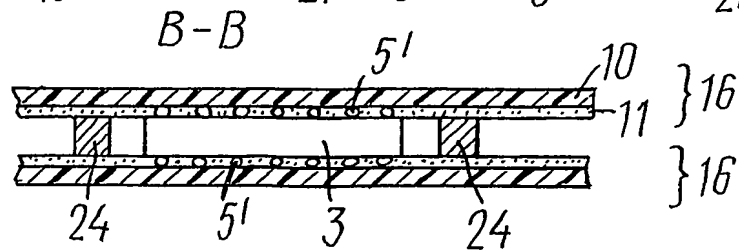


FIG. 10C

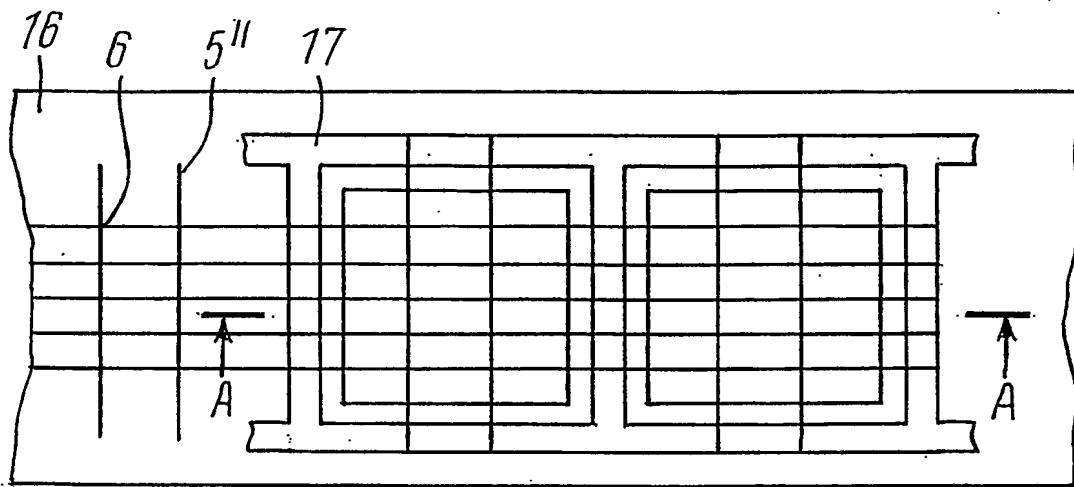


FIG. 11A

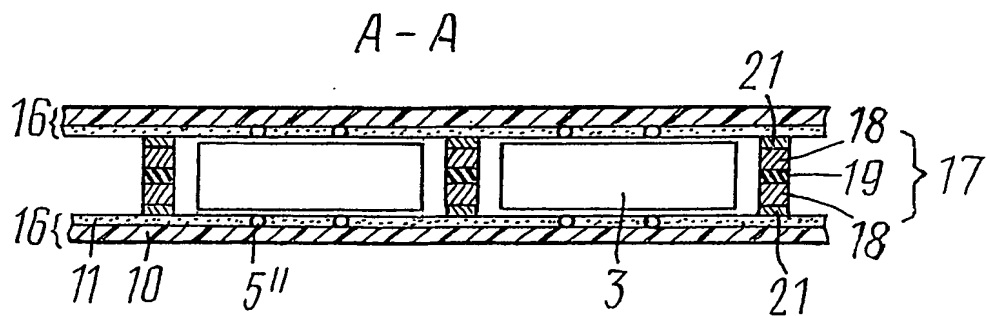


FIG. 11B

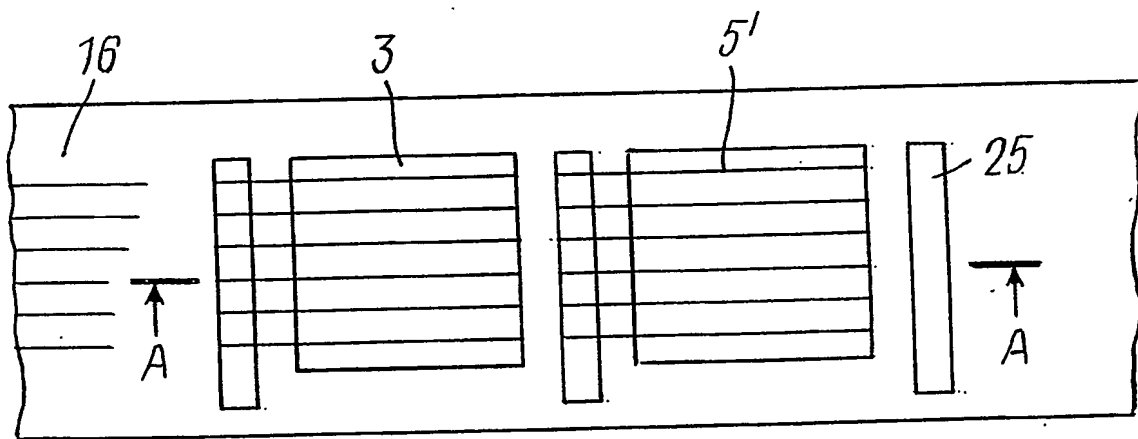


FIG. 12A

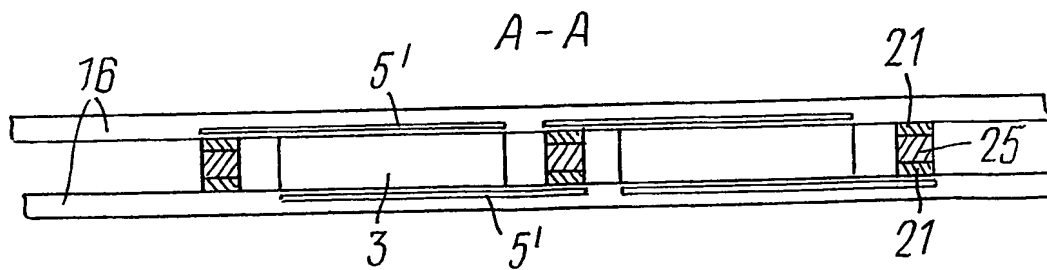
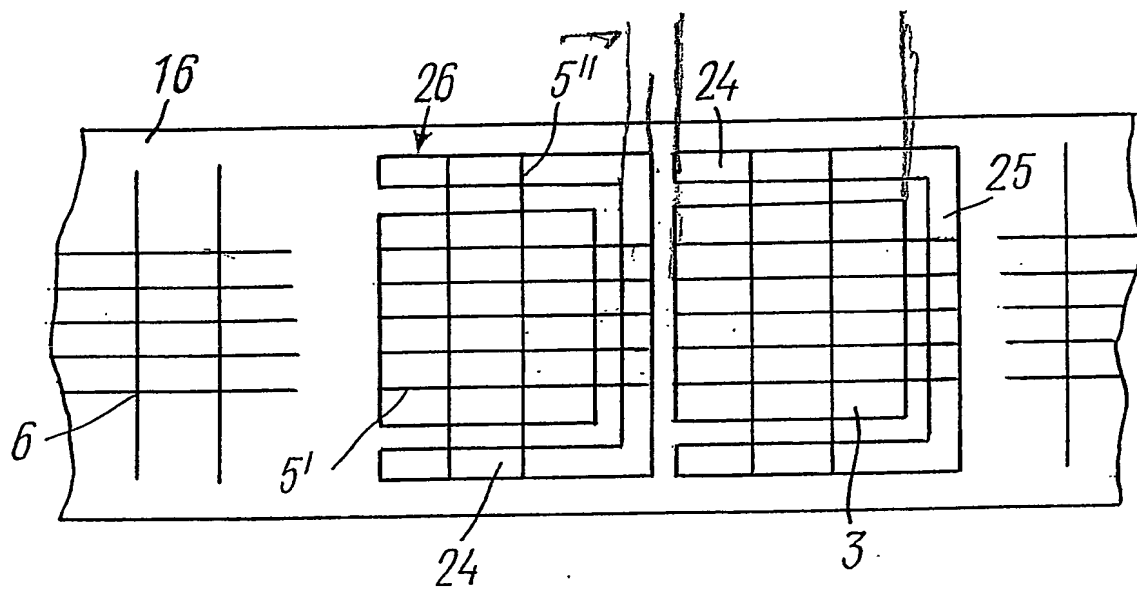


FIG. 12B

**FIG. 13**

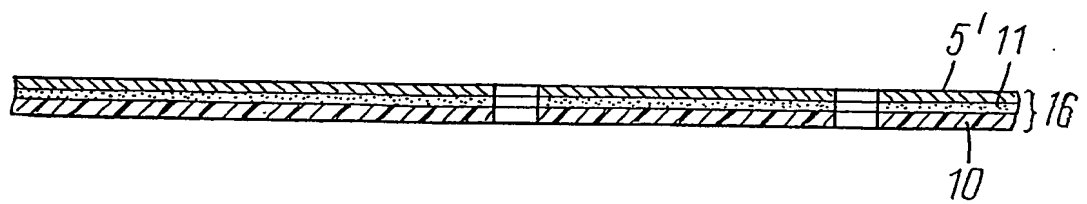
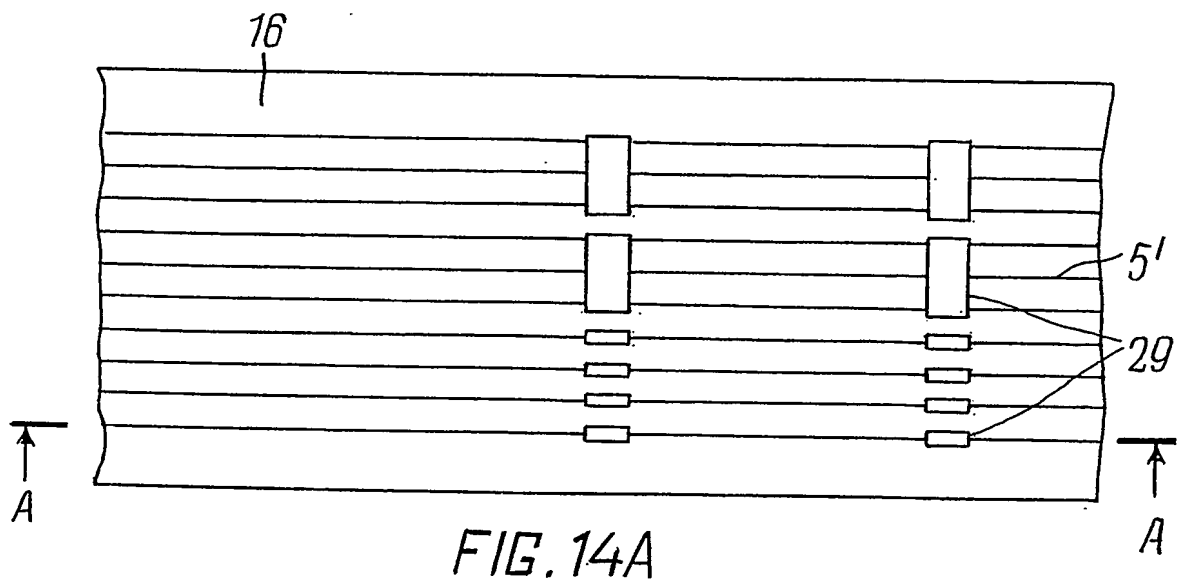
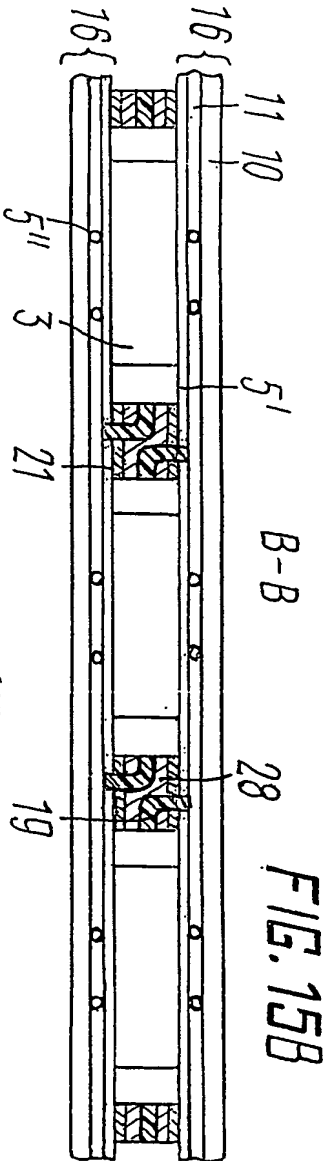
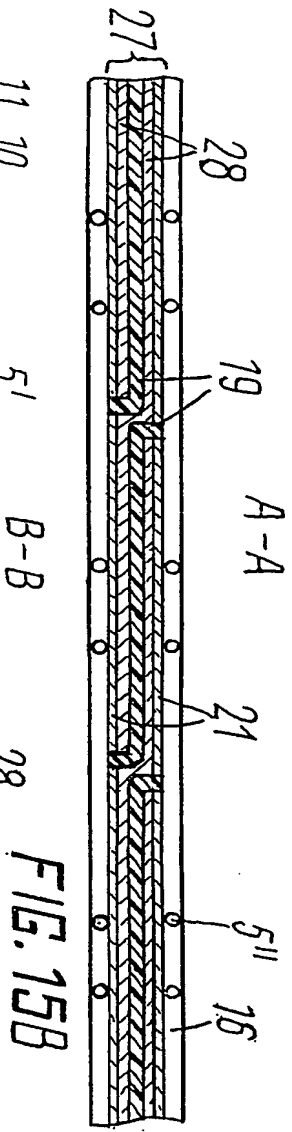
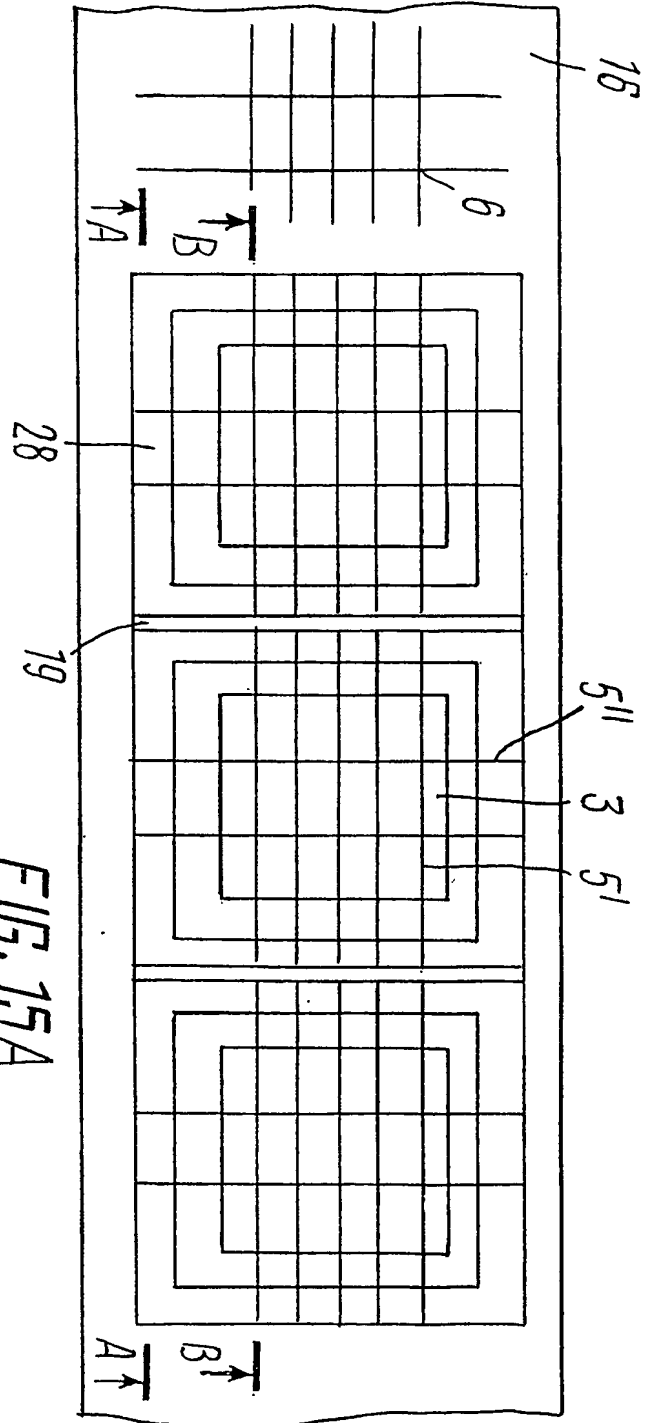


FIG. 14B



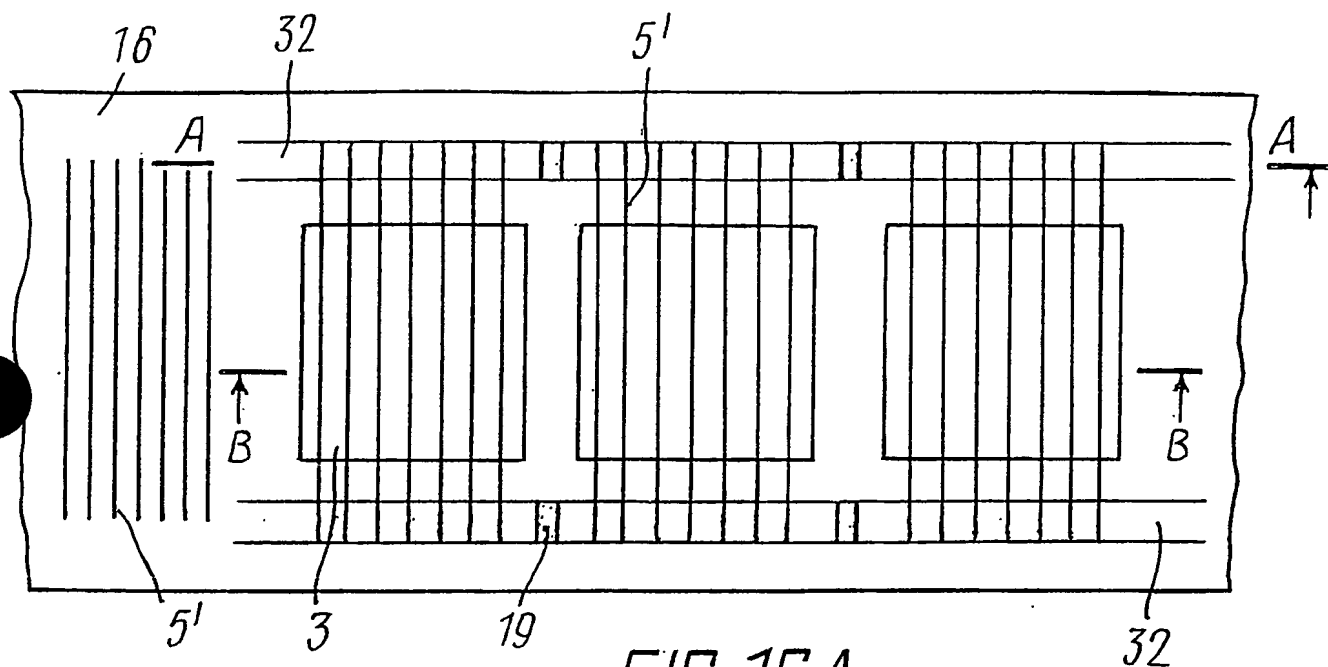


FIG. 16A

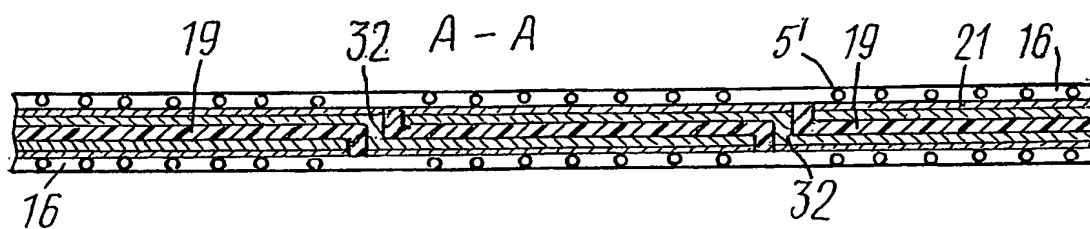


FIG. 16B

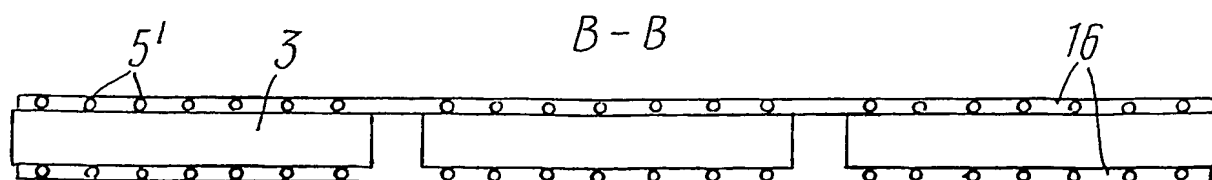


FIG. 16C

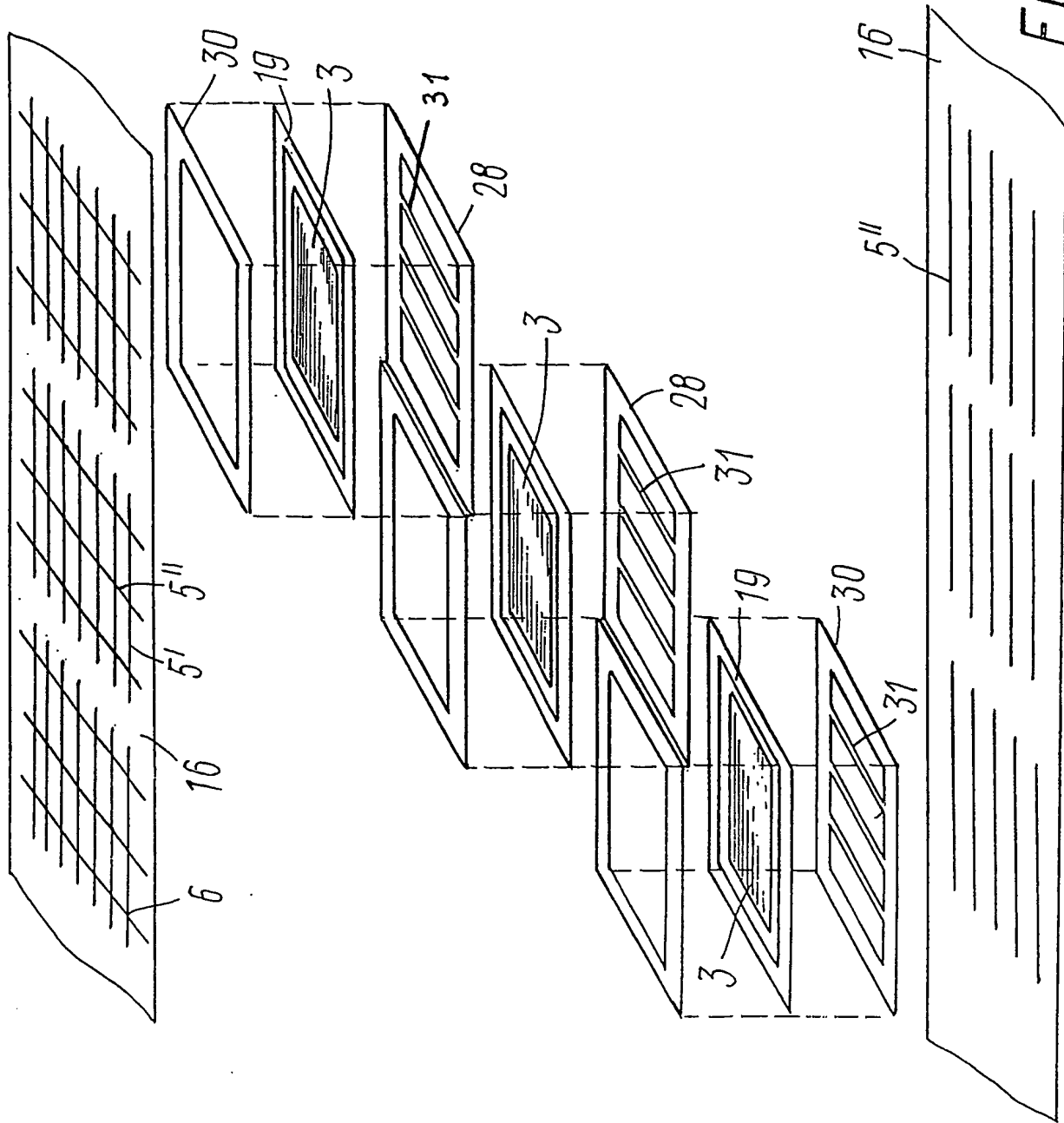
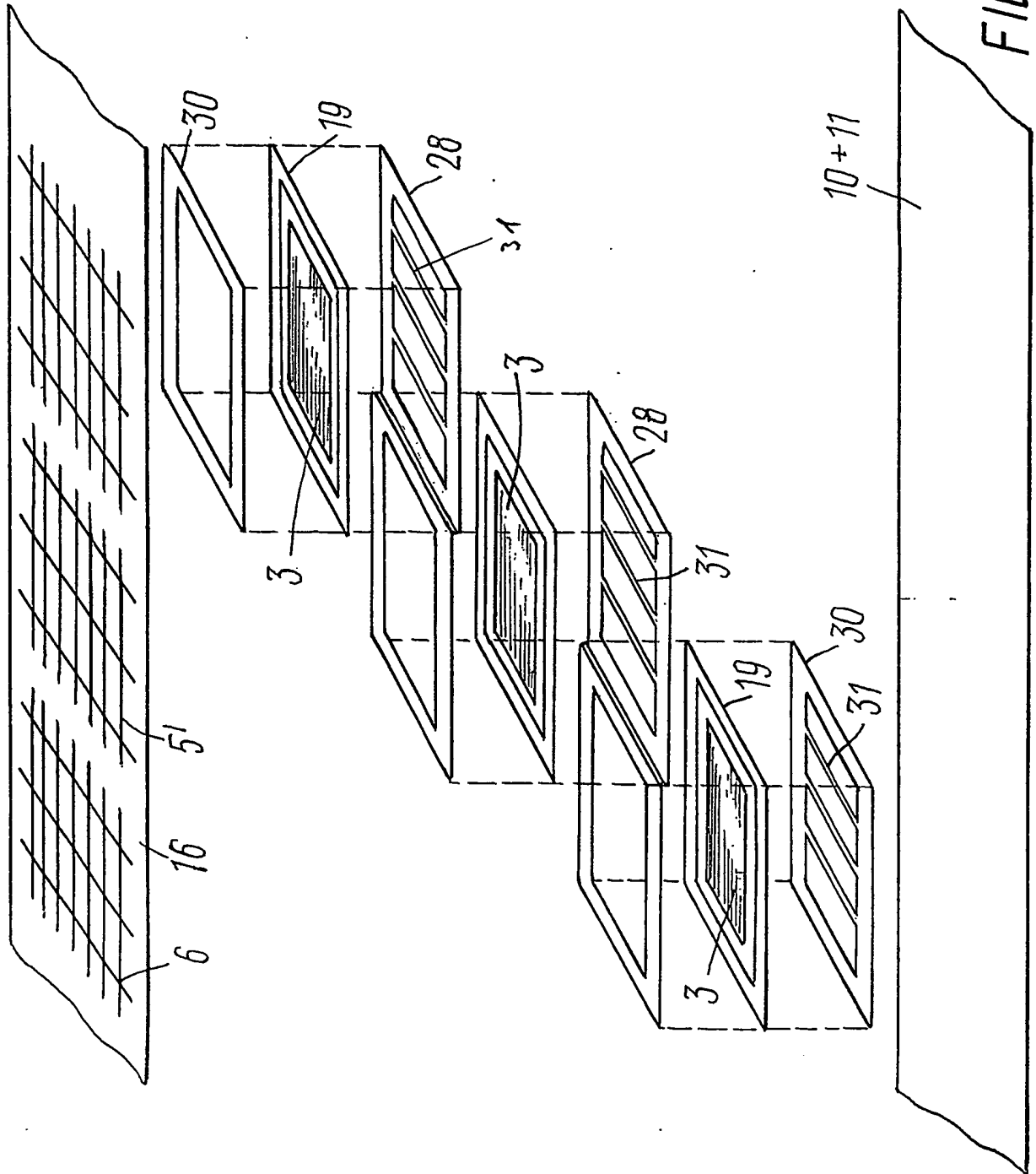


FIG. 17



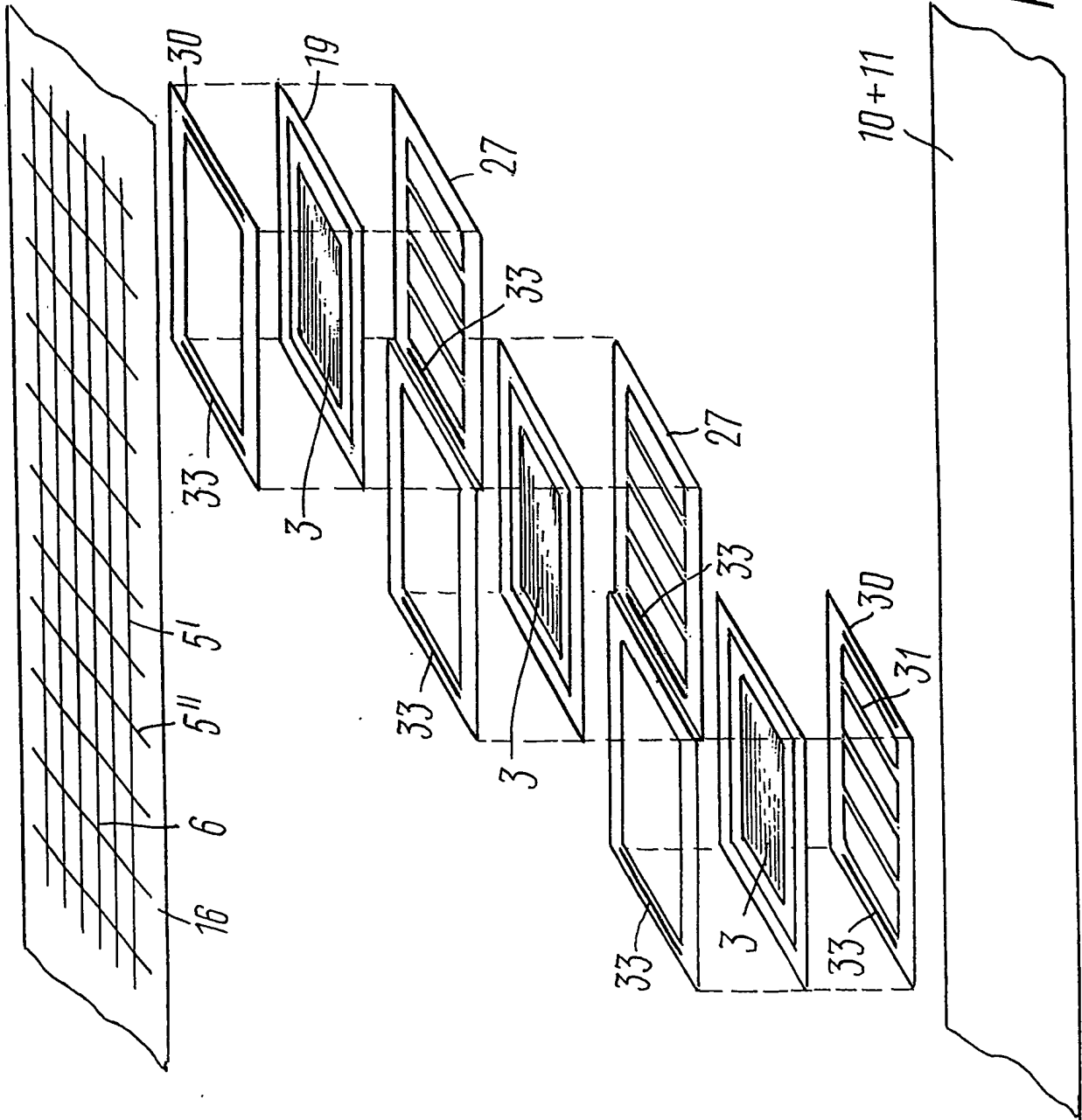


FIG. 19

ELEKTRODE FÜR FOTOVOLTAISCHE ZELLEN, FOTOVOLTAISCHE ZELLE UND FOTOVOLTAISCHER MODUL

ZUSAMMENFASSUNG

Eine Elektrode zum Kontaktieren einer elektrisch leitfähigen Oberfläche, insbesondere wenigstens einer Oberfläche eines photovoltaischen Elements (3), besteht aus einem elektrisch isolierenden, optisch transparenten Film (10), einer auf eine Oberfläche des Films (10) aufgetragenen Klebschicht (11), und einer ersten Gruppe im Wesentlichen paralleler, elektrisch leitfähiger Drähte (5'), die in die Klebstoffschicht (11) eingebettet sind, aus der Klebstoffschicht (11) mit einem Teil ihrer Oberfläche hervortreten und wenigstens auf der aus der Klebstoffschicht (11) heraustretenden Oberfläche mit einer Schicht (2) aus einer Legierung mit niedrigem Schmelzpunkt überzogen sind, wobei die Drähte (5') der ersten Gruppe mit einer ersten Kontaktleiste (20) elektrisch verbunden sind.

Eine zweite Gruppe im Wesentlichen parallel zueinander verlaufender Drähte (5'') ist zwischen dem transparenten Film (10) und den Drähten (5') der ersten Gruppe angeordnet, wobei die Drähte (5', 5'') der ersten und zweiten Gruppe zusammen ein Gitter (6) bilden, und wobei die Drähte (5'') der zweiten Gruppe mit einer zweiten Kontaktleiste (22) elektrisch verbunden sind.

Die Elektrode ermöglicht, insbesondere weil sie sich als kontinuierliches Band herstellen lässt, eine wesentliche Vereinfachung der Herstellung photovoltaischer Elemente und Module. Zusätzlich lässt sich eine erhebliche Verbesserung des Wirkungsgrades photovoltaischer Zellen und Module erzielen.

Ferner werden die Elektrode aufweisende photovoltaische Zellen und Module beschrieben.

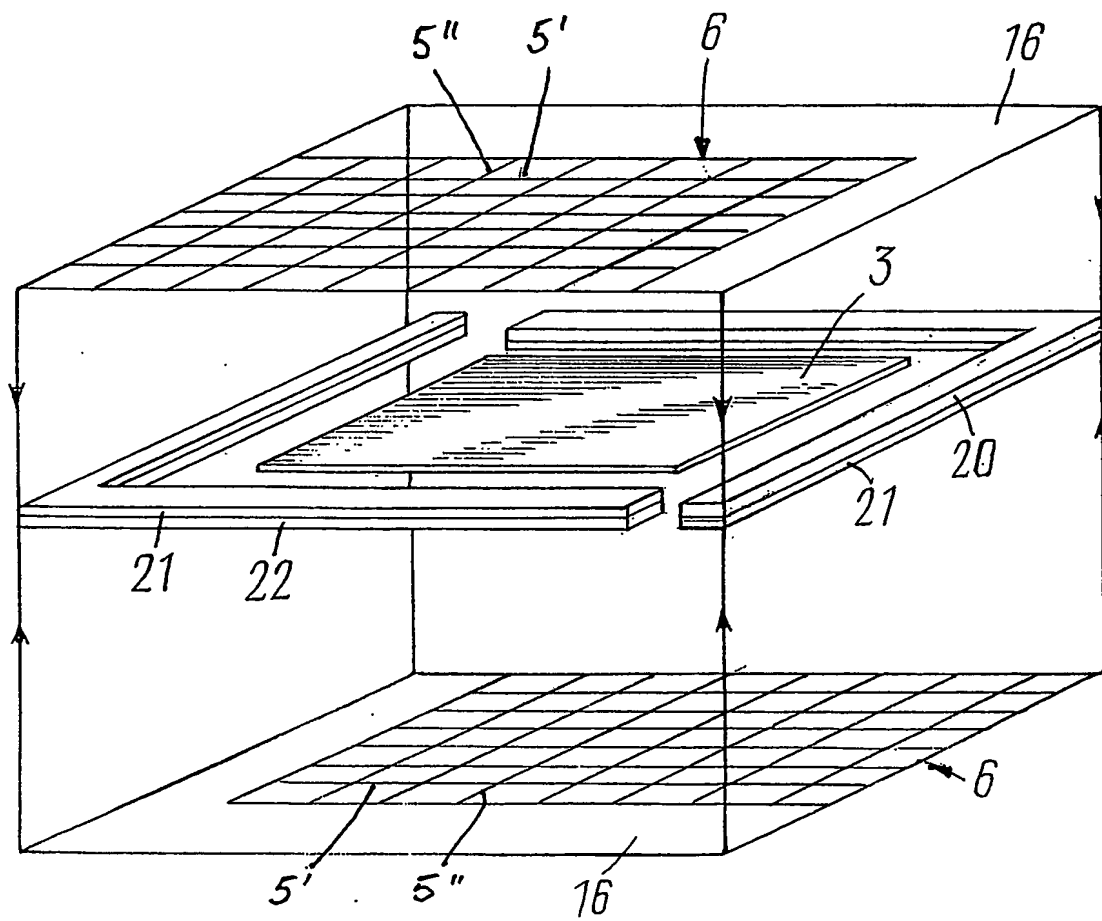


FIG. 8